

51

Int. Cl.: H 01 b, 17/28

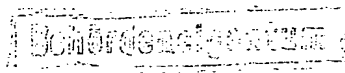
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 21 c, 10/04



10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 2 327 629

Aktenzeichen: P 23 27 629.1-34

Anmeldetag: 30. Mai 1973

Offenlegungstag: 12. Dezember 1974

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung: Durchführungsisolator für Hochspannungseinrichtungen und Verfahren zu seiner Herstellung

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

Vertreter gem. § 16 PatG: —

72

Als Erfinder benannt: Penczynski, Peter, Dr., 8520 Erlangen; Matthäus, Günther, 8521 Spardorf; Massek, Peter, 8550 Forchheim

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 2 327 629

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

Erlangen, den 29.5.1973  
Werner-von-Siemens-Str. 50

Unser Zeichen:  
VPA 73/7565 SIm/Koe

Durchführungsisolator für Hochspannungseinrichtungen  
und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Durchführungsisolators für Hochspannungseinrichtungen mit einem Isolationskörper, der mit Kondensatoreinlagen versehen ist, deren ein Ende zumindest in einem flüssigen Medium angeordnet ist und eine Potentialübergangszone bildet.

Elektrische Einrichtungen mit hohen Betriebsspannungen von beispielsweise 200 kV sind häufig von flüssigen oder gasförmigen Medien umgeben, die eine Kühlung der Hochspannungsführenden Teile oder eine Verbesserung der Hochspannungsfestigkeit der Einrichtungen bewirken sollen. Das Medium muß dabei von außen der elektrischen Einrichtung, beispielsweise einem Hochspannungskabel oder einem Transformator, zugeführt werden. Es muß somit in einer genügend langen, isolierten Strecke ein Potentialgefälle durchlaufen, bevor es an die Hochspannung führenden Teile gelangen kann. Überschläge in dem Medium lassen sich dann verhindern.

Für ölgekühlte Stromzuführungen sind deshalb entsprechende hohlzylindrische Hochspannungsdurchführungen mit Isolationskörpern entwickelt worden, die einen Spannungsabbau in dem Öl bewirken, ohne daß Durchschläge oder Sprühentladungen in dem Medium auftreten können. Ein aus der deutschen Patentschrift 853 027 bekannter Durchführungsisolator hat in seinem Innern einen zylindrischen Bolzen. Dieser rohrförmig ausgebildete Bolzen besteht aus einem elektrisch gut leitenden Material, beispielsweise Kupfer, und stellt den Hochspannungszuleiter dar. Ferner dient er als mechanischer Trägerkörper für den an seiner Außenwand konzentrisch ange-

brachten Hochspannungsisolationskörper. Dieser Isolationskörper, der beispielsweise ein Hartpapierwickel sein kann, ist mit konzentrisch angeordneten, steuernden Folieneinlagen, sogenannten Kondensatoreinlagen, versehen. Der zylindrische Wickel ist am unteren Teil des Isolationskörpers im Ölteil konisch so ausgedreht, daß die Kanten der Folieneinlagen auf einer Kegelmantelfläche, also unter Öl liegen. Die Kondensatoreinlagen bewirken so an der Mantelfläche der konischen Ausdrehung einen kontinuierlichen Spannungsübergang in dem Öl vom Erdpotential eines Flansches am Außenmantel des Isolationskörpers zu dem metallischen Bolzen auf Hochspannung.

Auch bei Hochspannungsdurchführungen in kryogenen Medien wie Stickstoff, Wasserstoff sowie in Helium treten Potentialgefälle von beispielsweise 40 kV und mehr auf. Zum Spannungsauf- bzw. -abbau bietet sich hierfür die von Öldurchführungen bekannte Maßnahme an, mittels Kondensatoreinlagen eine Potentialübergangszone an einem Durchführungsisolator in dem kryogenen Medium zu schaffen, zumal die Durchschlagsfestigkeiten für beispielsweise flüssiges Helium und Öl annähernd gleich sind.

Durchführungsisolatoren sind beispielsweise für supraleitende Kabel, Spulen oder Maschinen erforderlich, bei deren Betrieb die Supraleiter auf einer Temperatur unterhalb der Sprungtemperatur des supraleitenden Materials gehalten werden müssen. Das Kühlmittel in diesen elektrischen Einrichtungen muß sich dabei in engem Kontakt mit den stromführenden Leitern befinden, die unter Hochspannung stehen. Es muß hierzu an einer Stelle, beispielsweise an einem Kabelendverschluß, vom Erdpotential der Kühleinrichtungen, beispielsweise einer Heliumverflüssigungsanlage, auf die Hochspannung des stromführenden Leiters gebracht werden.

Es wurde jedoch erkannt, daß der bekannte Durchführungsisolator mit Epoxidharzisolationskörper für diesen Zweck nicht verwendet werden kann, da aufgrund des starken Temperaturgefälles zwischen Raum- und Supraleitungstemperatur in ihm mechanische Spannungen auftreten können, die zu Rißbildungen in seinem Isolationskörper führen. Diese mechanischen Spannungen treten auf, weil das als Trägerkörper verwendete Metallinnenrohr, das auch als elektrischer Stromleiter dient, bei Abkühlung auf beispielsweise 4,2 K eine gegenüber dem Epoxidharz 5 bis 10-fach geringere Kontraktion aufweist und somit zum Reißen des äußeren Epoxidharzkörpers führt.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, den bekannten Durchführungsisolator für elektrische Einrichtungen zu verbessern, insbesondere seine Verwendung bei kryogenen Temperaturen zu ermöglichen. Die Erfindung beruht nun auf der Überlegung, daß die wesentlichen Gestaltungsmerkmale des bekannten Durchführungsisolators auch für kryogene Medien geeignet sind, wenn der metallische Trägerkörper nicht vorhanden ist.

Die genannte Aufgabe wird somit erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Trägerkörper mit einem selbsttragend ausgebildeten Isolationskörper versehen und anschließend wieder entfernt wird. Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß mechanische Spannungen in dem Isolationskörper weitgehend vermieden werden können, insbesondere, wenn auch der Ausdehnungskoeffizient der Kondensatoreinlagen mit dem Ausdehnungskoeffizienten des Isolationsmaterials übereinstimmt. Es können somit bei der Abkühlung des Isolationskörpers keine Hohlräume entstehen, und Teilentladungen werden vermieden, die zu einer Zerstörung des Gesamtisolationskörpers führen können. Der Isolator ist deshalb auch für hohe Spannungen geeignet.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der in Fig. 1 eine Hälfte eines Durchführungsisolators für elektrische Hochspannungseinrichtungen nach der Erfindung im Längsschnitt schematisch veranschaulicht ist. Fig. 2 zeigt als Anwendungsbeispiel einen Endverschluß mit Strom- und Kühlmittelzuführung einer supraleitenden Drehstromphase mit einem Durchführungsisolator nach der Erfindung.

In Fig. 1 ist eine Hälfte eines hohlzylinderförmigen Durchführungsisolators nach der Erfindung dargestellt, der zumindest mit seinem konisch verlaufenden Ende in einem kryogenen Medium, beispielsweise in flüssigem Helium, angeordnet wird. Er enthält als Isolationsmaterial beispielsweise Epoxidharz oder unter Vakuum mit Epoxidharz getränktes Spezialpapier und kann für Hochspannungsdurchführungen mit beispielsweise 200 kV bei 50 Hz vorgesehen sein. In seinem Isolationskörper 2 sind Kondensatoreinlagen 3 bis 15 konzentrisch zur Achse A des hohlzylindrischen Körpers 2 angeordnet, wie durch achsenparallele gestrichelte Linien in der Figur angedeutet ist. Die Kondensatoreinlagen und das Isolationsmaterial des Isolationskörpers 2 haben vorteilhaft annähernd den gleichen Ausdehnungskoeffizienten. Mechanische Spannungen im Isolationskörper treten dann beim Abkühlen auf kryogene Temperaturen nicht auf. Die Kondensatoreinlagen sind an ihrem einen Ende vorteilhaft so abgestuft zueinander angeordnet, daß sich ein annähernd lineares Potentialgefälle längs der abgeschrägten Seite 16 des Isolationskörpers 2 von innen nach außen in dem sie umgebenden kryogenen Medium ausbilden kann, wenn die innerste Steuereinlage 3 beispielsweise auf Hochspannungspotential gelegt und die äußerste Steuereinlage 15 mit dem Erdpotential verbunden wird. Hierzu ist die Steuereinlage 15 mit einem elektrischen Anschluß 17 versehen und die Steuereinlage 3 beispielsweise mit einem metallischen Flanschteil 18 am Ende des Isolationskörpers 2 verbunden.

Die annähernd lineare Potentialcharakteristik des Isolators an seiner abgeschrägten Seite 16 läßt sich in bekannter Weise durch eine geeignete Wahl der radialen Abstände zwischen den einzelnen Kondensatoreinlagen 3 bis 15 und ihrer Länge erzielen. In der Figur sind sie deshalb mit unterschiedlichen Längen wiedergegeben.

Solche Durchführungsisolatoren für Hochspannungseinrichtungen können beispielsweise so hergestellt werden, daß man eine mechanisch stabile Seele als Trägerkörper, beispielsweise ein Metallrohr, mit dem Isolationsmaterial, beispielsweise mit einzelnen Schichten eines Spezialpapiers, konzentrisch ummantelt, zwischen die einzelnen Papierlagen die Kondensatorfolien nacheinander einbringt, und anschließend den so entstandenen Wickel mit einem Kunststoff, beispielsweise Epoxidharz, unter Vakuum tränkt. Nach Verfestigung des Isolationsmaterials kann dann die Seele, die nur als Trägerkörper für das Isolationsmaterial mit den Kondensatorsteuereinlagen diente, entfernt, beispielsweise ausgebohrt, werden, so daß der Isolator nunmehr nur noch aus dem selbsttragenden, mechanisch stabilen Isolationskörper mit den in ihn eingezogenen Steuereinlagen besteht.

Auch kann der Isolationskörper aus selbstverschweißenden Polyäthylenbändern bestehen, zwischen denen die einzelnen Kondensatoreinlagen angeordnet sind.

Selbstverständlich kann auch die Abschrägung der Seite 16 des Isolators auf dessen achszugewandten Seite vorgesehen werden, falls in einer Anordnung mit einem solchen Isolator auf dieser Seite ein Potentialübergang in einem kryogenen Medium erforderlich ist. Fig. 1 entsprechende Isolatoren lassen sich überall dort einsetzen, wo in einem kryogenen Medium, beispielsweise Helium, ein großes Potentialgefälle überwunden werden muß. Dies trifft beispielsweise für Kühlmittleinspeisungen für Tiefsttemperaturkabel, insbesondere supraleitende Hochspannungskabel, für supraleitende Magneten

oder auch Maschinen mit supraleitenden Wicklungen zu.

In Fig. 2 ist ein vertikal angeordneter Endverschluß eines vorzugsweise supraleitenden Phasenleiters 21 eines Drehstromkabels mit einem Durchführungsisolator für Hochspannungseinrichtungen gemäß der Erfindung dargestellt. Der Isolator ist mit 20 bezeichnet. Der Endverschluß ist von einem vakuumdichten Hohlzylinder 22 umgeben. Der Phasenleiter 21 enthält einen hohlzylindrischen Innenleiter 23 auf Hochspannungspotential, der von einem Außenleiter 24 auf Erdpotential konzentrisch umschlossen ist. Die Leiter sind beispielsweise aus einer Vielzahl von supraleitenden Einzeldrähten aufgebaut. Der Innenleiter 23 ist an seinem oberen Ende mit einer scheibenförmigen Kontaktplatte 25, deren Durchmesser größer als der Durchmesser des Innenleiters ist, kontaktiert. Am Außenrand dieser Kontaktplatte 25 ist das untere Ende eines rohrförmigen Innennormalleiters 26 elektrisch leitend verbunden. Um diesen Innennormalleiter 26 ist isoliert in einem vorbestimmten Abstand ein dem Innennormalleiter 26 entsprechender Außenleiter 27 konzentrisch angeordnet. Das untere Ende des rohrförmigen Außennormalleiters 27 ist an der Innenseite einer konzentrischen, ringförmigen Kontaktplatte 28 elektrisch leitend befestigt. Mit dem Außenrand dieser Kontaktplatte 28 ist das obere, konzentrisch nach außen erweiterte Ende des Außenleiters 24 elektrisch leitend verbunden. Die Kontaktplatte 28 umschließt die innere Kontaktplatte 25 ringförmig. Über die Kontaktplatten 25, 28 wird demnach den Leitern 23, 24 der über die Normalleiter 26, 27 zugeführte Strom zugeleitet. Die Teile 23, 25, 26 liegen auf Hochspannungspotential, die sie umgebenden Teile 24, 28, 27 auf Erdpotential. Das von den in einer Ebene angeordneten Kontaktplatten gebildete Kaltende 29 der Stromzuführung stellt den Deckel eines hohlzylindrischen Gefäßes 30 für ein Kühlmedium A dar. Ein rohrförmiger Hohlkörper, der die Außenwandung 31 des Gefäßes 30 darstellt, ist nach unten abgestuft sich verengend ausge-

bildet. Zwischen ihm mit dem sich anschließenden Phasenleiter 21 und dem sie umschließenden vakuumfesten Hohlzylinder 22 ist ein Strahlungsschild 32, der beispielsweise mit Stickstoff gekühlt wird, angedeutet. Die Innenwandung des Gefäßes 30 wird von einem Isolationskörper 33 gebildet, der den Innenleiter 23 konzentrisch umschließt, jedoch das obere Ende des Innenleiters 23 freiläßt. Durch den ringförmigen Spalt zwischen der Kontaktplatte 25 und dem Ende des Isolationskörpers 33 gelangt das Kühlmedium A ins Innere des kühlmitteltransparenten Innenleiters 23. Der Isolationskörper 33 ist mit einem Hochspannungswickel 34 umgeben, der zur Steuerung des Potentialüberganges im Kühlmedium A mit Kondensatoreinlagen entsprechend dem Isolator 20 gemäß der Erfindung versehen werden kann.

In dem Gefäß 30 ist ein in etwa gleicher Weise gestalteter Behälter 35 für ein weiteres Kühlmedium B angeordnet. Seine Außenwand 36 ist an der äußeren Kontaktplatte 28, seine Innenwand 37 an der inneren Kontaktplatte 25 gasdicht befestigt. Der Behälter 35 ist dabei so in dem Gefäß 30 angeordnet, daß zwischen den Wänden 36 und 31 und den Wänden 37 und 34 bzw. 33 ein genügender Zwischenraum zur Führung des Kühlmediums A ausgebildet ist. In den Behälter 35 ragt frei der untere Teil 39 des hohlzylindrischen Isolators 20 gemäß der Erfindung. Dieser Isolator 20 ist im oberen Teil des Endverschlusses zwischen dem inneren und äußeren Normalleiter 26 bzw. 27 und zwischen den beiden Kontaktplatten 25 bzw. 28 so angeordnet, daß im Behälter 35 entstehendes Abgas parallel zu seinen beiden Seiten längs der Normalleiter 26, 27 aufsteigen kann. Der untere im Behälter 35 befindliche Teil 39 des Isolators 20 besitzt auf seiner Innenseite eine nach innen eingezogene Potentialsteuerung gemäß der Darstellung in Fig. 1. Diese Potentialsteuerung weist vorteilhaft eine annähernd lineare Charakteristik auf.

- 8 -

Im Kabelendverschluß erfolgt die Zu- bzw. Abfuhr des Kühlmediums für das gesamte Kabel oder einen Teil des Kabels. Bei einer Verwendung von supraleitenden Leitern 23 und 24 kommt als Kühlmedium praktisch nur Helium in Frage. Im Kabelendverschluß sind zwei getrennte Heliumbäder vorhanden: Siedendes Helium B, das den Behälter 35 ausfüllt, dient zur Aufnahme der Stromzuführungsverluste. Ferner dienen einphasiges Helium A und C in geschlossenen Kreisläufen und unter Druck zur Abführung der Verluste des Phaseninnenleiters 23 bzw. Phasenaußenleiters 24.

Die Zufuhr des siedenden Heliums B und die Kontrolle des Heliumniveaus können vorteilhaft auf Erdpotential erfolgen. Der Spannungsübergang von Erd- auf Hochspannungspotential im Helium B erfolgt gleichmäßig über eine entsprechend große Strecke mittels des potentialgesteuerten unteren Teils 39 des eingezogenen Isolators 20 gemäß der Erfindung mit seiner vorteilhaften annähernd linearen Potentialcharakteristik. Durch Druckunterschiede im inneren und äußeren Gasraum zu beiden Seiten des Isolators 20 hervorgerufene Schwingungen des Heliums B können vorteilhaft durch einen feinporigen Filter 40 gedämpft werden, der zwischen dem unteren Ende des unteren Teiles 39 des Isolators 20 und dem Boden des Behälters 35 angeordnet ist.

Im Kabelendverschluß sind der Außen- und Innenleiter 23 bzw. 24 der Phase 21 heliumdurchlässig ausgestaltet, so daß die Heliumzufuhr zu den Kühlkreisläufen auf Erdpotential erfolgen kann. Die Aufteilung des Heliumstromes A, C für die Innen- bzw. Außenkühlung des Phasenleiters 21 erfolgt beispielsweise über ein Dreiwegeventil 41, das sich auf Heliumeingangstemperatur befindet. Das Helium A zur Leiterinnenkühlung wird beim Durchströmen des Raumes zwischen dem Wickel 34 um den Isolationskörper 33 und der Wand 37 auf Hochspannungspotential gebracht, d.h. der Spannungsaufbau

zwischen dem Innen- und Außenleiter im Endverschluß erfolgt über den Wickel 34, der vorteilhaft mit Kondensatoreinlagen versehen werden kann. Um die Durchschlagsfestigkeit des Kühlmediums A nicht zu verschlechtern, muß dabei die Strömungsgeschwindigkeit verhältnismäßig gering sein. Dies wird durch einen entsprechend großen Abstand zwischen dem Wickel 34 und der Wand 37 erreicht. Die Heliumzuführung zur Kühlung des Außenleiters 24 und der Außenleiter 24 werden durch das Heliumbad A für den Innenleiter 23 geführt.

Der Isolator 20, 39 ist bei dieser Ausbildung eines Endverschlusses frei einschiebbar. Er ist an seinem oberen Ende auf Raumtemperatur gegen das Heliumgas aus dem Behälter 35 abgedichtet und befestigt, so daß es keine Schwierigkeiten bei der thermischen Kontraktion seines Tieftemperaturteils 39 gibt.

---

9 Patentansprüche

2 Figuren

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Durchführungsisolators für Hochspannungseinrichtungen mit einem Isolationskörper, der mit Kondensatoreinlagen versehen ist, deren ein Ende zumindest in einem flüssigen Medium angeordnet ist und eine Potentialübergangszone bildet, dadurch gekennzeichnet, daß ein Trägerkörper mit dem selbsttragend ausgebildeten Isolationskörper (2) versehen und anschließend wieder entfernt wird.
2. Verfahren zur Herstellung eines Durchführungsisolators für Hochspannungseinrichtungen mit einem Isolationskörper, der mit Kondensatoreinlagen versehen ist, deren ein Ende zumindest in einem flüssigen Medium angeordnet ist und eine Potentialübergangszone bildet, dadurch gekennzeichnet, daß ein Trägerkörper, dessen Material etwa den gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie das Material des Isolationskörpers (2) besitzt, mit dem Isolationskörper (2) versehen und anschließend zumindest teilweise wieder entfernt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Isolationskörper (2) aus einem Gießharz und/oder einem selbsthärtenden Kunststoff hergestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägerkörper jeweils abwechselnd mit einer Lage aus einem selbstverschweißenden Polyäthylenband und einer Kondensatoreinlage (3 bis 15) versehen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein thermoplastischer Kunststoff verwendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägerkörper jeweils abwechselnd mit einer Lage aus

Spezialpapier und einer Kondensatoreinlage (3 bis 15) versehen wird und daß anschließend der entstandene Wickel unter Vakuum mit einem Gießharz und/oder einem Kunststoff getränkt wird.

7. Durchführungsisolator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Isolationskörper (2) selbsttragend ausgebildet ist und daß sein mit der Potentialübergangszone (16) versehenes Ende in einem kryogenen Medium angeordnet ist.

8. Durchführungsisolator nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Potentialübergangszone (16) eine annähernd lineare Potentialcharakteristik aufweist.

9. Durchführungsisolator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausdehnungskoeffizienten des Materials des Isolationskörpers (2) und des Materials der Kondensatoreinlagen (3 bis 15) wenigstens annähernd gleich sind.

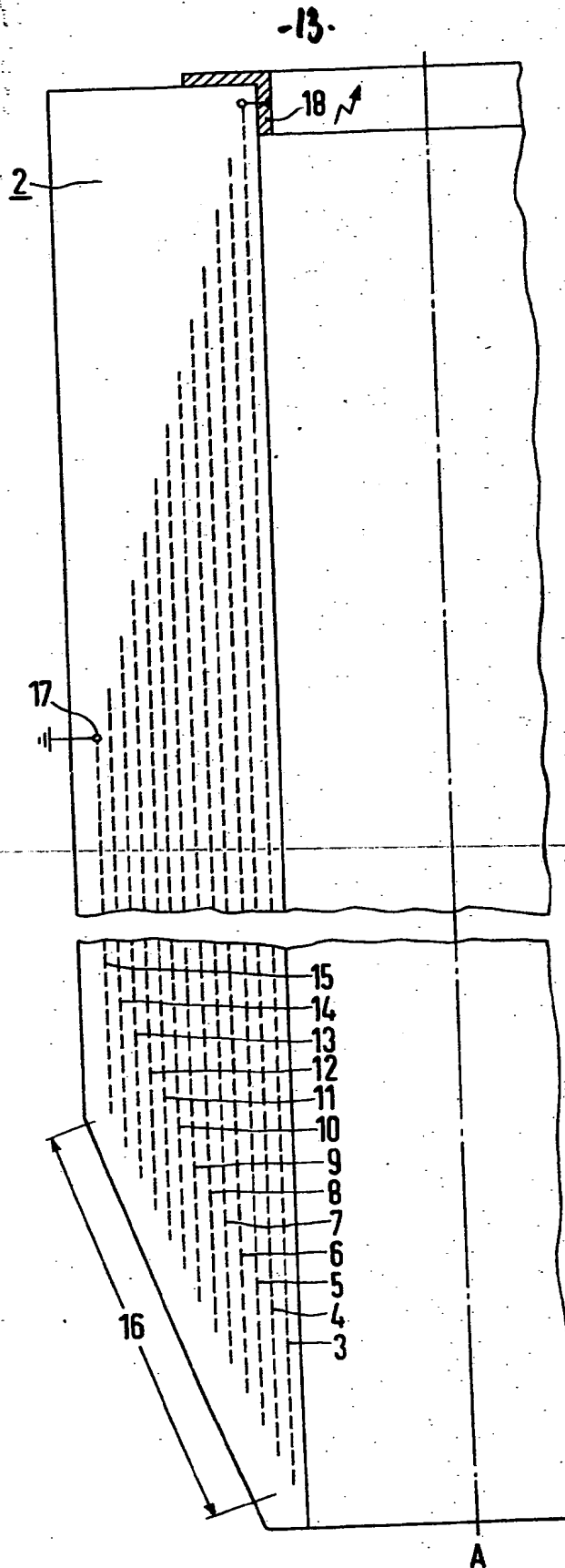


Fig.1

21c 10-04 AT: 30.5.1973 OT: 12.12.1974

409850/0653

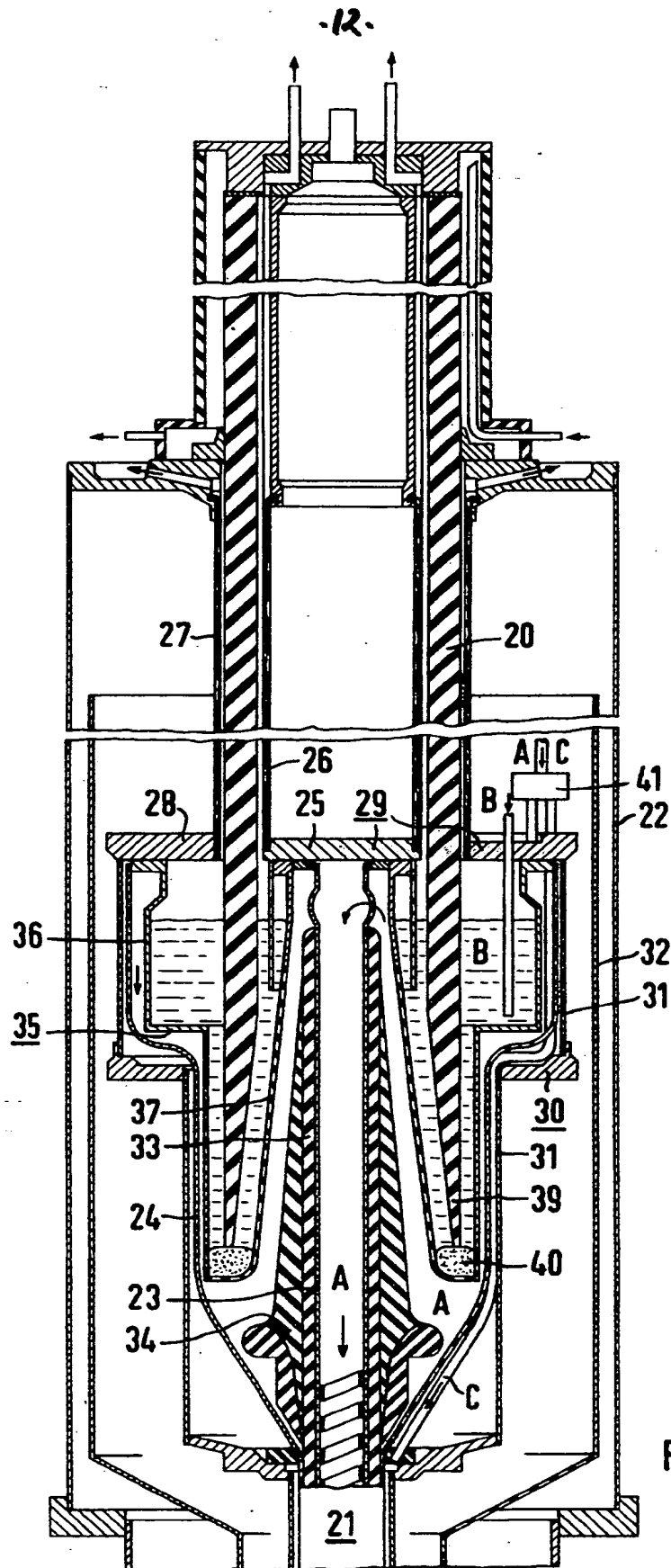


Fig.2

409850/0653